



DEUTSCHES  
PATENTAMT

②1 Aktenzeichen: P 42 18 888.1  
②2 Anmeldetag: 9. 6. 92  
④3 Offenlegungstag: 16. 12. 93

DE 42 18 888 A 1

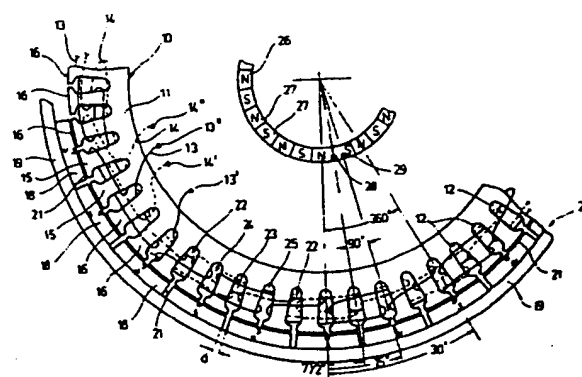
⑦1 Anmelder:  
Barth, Hubert, Dipl.-Ing. (FH), 73614 Schorndorf, DE  
  
⑦4 Vertreter:  
Becker, M., Dipl.-Phys., Pat.-Anw., 70597 Stuttgart

⑦2 Erfinder:  
Antrag auf Nichtnennung

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Elektrische Maschine

⑤7 Die Erfindung betrifft eine elektrische Maschine mit einem Stator (10), der einen durch Nuten (12) getrennte Polflächen (16) aufweisenden Statorkern (11) und zwei an diesem angeordnete Wicklungsanordnungen (13, 14) mit jeweils zumindest zwei Wicklungen (22, 23 bzw. 24, 25) umfaßt, und mit einem zumindest zwei Permanentmagnete (18) zur Bildung von Polflächen (17) mit abwechselnder Polarität umfassenden Reaktionsteil (20), dessen Polflächen (17) den Polflächen (16) des Stators (10) durch einen Luftspalt (21) getrennt gegenüberliegend angeordnet sind. Die Polflächen (16, 17) des Stators (10) und des Reaktionsteils (20) sind dabei flächendeckend einander gegenüberliegend ausrichtbar.



DE 42 18 888 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine elektrische Maschine, wie sie im Oberbegriff des Patentanspruchs 1 angegeben ist.

Derartige elektrische Maschinen sind hinlänglich insbesondere als Elektromotoren bekannt und arbeiten nach dem bekannten Prinzip, wobei ein mittels der Wicklungsanordnungen im Stator erzeugtes magnetisches Drehfeld einen mit Permanentmagneten versehenen Rotor oder Läufer synchron folgen läßt. Werden derartige Motoren mit einer Gleichspannung betrieben, so ist es erforderlich, die Gleichspannung mittels einer elektronischen Schaltung in einen zweiphasigen Drehstrom umzuwandeln. Dabei müssen der Elektronik zur Erzeugung des Drehstroms Impulse zugeführt werden, die die zur Spannung proportionale Drehzahl des Motors anzeigen.

Da bekannte Elektromotoren auf sinusförmige Drehströme abgestimmt sind, muß die Elektronik zur Erzeugung des Drehstroms mit sehr großem schaltungstechnischem Aufwand so abgestimmt werden, daß sie einen annähernd sinusförmigen Drehstrom erzeugt. Hierfür ist eine aufwendige elektronische Schaltung erforderlich, die mit hoher Frequenz arbeitet und durch eine Pulsbreitensteuerung den Sinus ermöglicht.

Ausgehend von diesem Stand der Technik, liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine weitere elektrische Maschine der eingangs genannten Art bereitzustellen, die insbesondere mit einem mit geringem Aufwand aus einer Gleichspannung erzeugten Drehstrom betreibbar ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß bei einer elektrischen Maschine der eingangs genannten Art durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

Durch die erfindungsgemäße Ausbildung der Polflächen des Stators und des Reaktionsteils, die so gewählt ist, daß die Polflächen am Stator exakt flächendeckend über den Polflächen am Reaktionsteil angeordnet werden können, wird erreicht, daß eine scharfe magnetische Kante am Reaktionsteil sich mit einer scharfen Polflächenkante am Stator überschneidet, wodurch ein sehr starker Anstieg bzw. Abfall der Spannung in den Wicklungen bewirkt wird, wenn die elektrische Maschine als Generator betrieben wird. Dabei werden durch die sehr steilen Anstiege bzw. Abfälle der Spannung deren Rechteckpulse erzeugt, wie dies in Versuchen mit einer als Generator betriebenen elektrischen Maschine nach der Erfindung nachgewiesen werden konnte.

Da die erfindungsgemäße elektrische Maschine beim Generatorbetrieb eine Rechteckspannung liefert, kann sie umgekehrt auch mit einer den erforderlichen Drehstrom liefernden Rechteckspannung betrieben werden, ohne daß der Rundlauf des Motors oder sein Wirkungsgrad verringert wird, da die Spannungsdifferenzen zwischen der angelegten und der generierten Rechteckspannung des Motors weitgehend ausgeglichen werden.

Der Grundgedanke der vorliegenden Erfindung besteht also darin, daß anstelle der bisher üblichen Anpassung des Drehstroms bzw. der an die als Motor arbeitende elektrische Maschine angelegten Spannung an eine Sinusschwingung die elektrische Maschine selbst derart ausgelegt wird, daß sie mit einem Rechteck-Drehstrom bzw. mit einer Rechteckspannung als Motor betrieben werden kann. Diese Anpassung wird durch die einander zugeordneten Polflächen am Stator und am Reaktionsteil erreicht, wodurch sich scharfe magnetische Kanten bilden, die einen sehr steilen Anstieg bzw. Abfall der erzeugten Spannung und damit entsprechen-

de Rechteckpulse bewirken.

Die erfindungsgemäße elektrische Maschine läßt sich also als rotierender Motor, als Generator und auch als Linearmotor einsetzen.

Die Ausgestaltungen der Erfindung nach den Ansprüchen 2 bis 4 eignen sich in besonders vorteilhafter Weise für einen Motor, der mit einem zweiphasigen, 90° phasenverschobenen Rechteck-Drehstrom betrieben werden kann.

Zweckmäßige Weiterbildungen der Erfindung sind in den Ansprüchen 5 bis 7 beschrieben.

Die zur Erzeugung des Drehstroms mittels des Versorgungsschaltkreises erforderlichen Impulse werden also von Impulsgebern geliefert, die die Relativbewegung zwischen Stator und Reaktionsteil erfassen. Diese Impulse können neben der Steuerung des Versorgungsschaltkreises zur Drehstromerzeugung gleichzeitig für die Positionierung der Lage zwischen Stator und Reaktionsteil und zur Bewegungsrichtungserkennung, also bei drehenden Rotoren und Generatoren zur Drehrichtungserkennung verwendet werden.

Durch die entsprechend der Polzahl angeordneten Impulsgeber lassen sich 90°-phasenversetzte Impulse auf besonders einfache Weise erzeugen.

Um eine Optimierung der elektrischen Maschine entsprechend den erforderlichen Einsatzbedingungen zu ermöglichen, sind die Ausgestaltungen der Erfindung nach den Ansprüchen 8 und 9 vorgesehen.

In einer neutralen Position sind die Impulsgeber zu den Wicklungen unter einem Winkel angeordnet, der einem Phasenwinkel von 90° entspricht. Bei dieser Anordnung weist der Motor bei Rechts- und Linkslauf, was durch Umpolen der Phasen erreicht wird, die gleiche Drehzahl auf. Diese Einstellung ist jedoch nicht ideal. Vielmehr führt eine Voreinstellung, die durch die Verstellbarkeit der Impulsgeber ermöglicht wird, zu besseren Resultaten. Außerdem läßt sich der Motor auch bei unterschiedlicher Belastung hierdurch optimieren.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist in den Ansprüchen 10 und 11 beschrieben. Neben der bevorzugten Verwendung von Hallsensoren für die Impulsgeber ist es jedoch möglich, auch andere Impulsgeber, wie z. B. Lichtschranken oder Induktionsfühler zu verwenden.

Die Verwendung getrennter Steuerer Magnete, die mit den Hallsensoren zusammenarbeiten, hat den Vorteil, daß die Impulsgeberanordnung unabhängig von den Arbeitsmagneten am Reaktionsteil angeordnet werden kann.

Um eine gute Bremswirkung auch bei niedrigen Drehzahlen zu erreichen, ist die Ausführungsform nach Anspruch 12 vorgesehen.

Die erfindungsgemäße elektrische Maschine läßt sich in einer Vielzahl von Ausführungsvarianten insbesondere als Elektromotor einsetzen. Wenn dabei darauf geachtet wird, daß hohe Polzahlen erreicht werden, z. B. 6, 18 oder 24 Pole, können kurze magnetische Rückflüsse und eine daraus resultierende hohe magnetische Flußdichte erzielt werden. Hierdurch kann auf große Eisenquerschnitte im Rücken des Stators und des Reaktionsteils verzichtet werden, wodurch eine deutliche Gewichtseinsparung erzielt wird.

Besonders bevorzugte Motorvarianten, die alle nach dem gleichen erfinderischen Prinzip arbeiten, weisen als Reaktionsteil entweder einen 6-poligen konventionellen Innenläufer, einen 8-poligen Scheibenläufer, einen 18-poligen groß dimensionierten Innenläufer mit kurzer axialer Baulänge, einen 24-poligen Außenläufer oder ei-

nen 4-poligen langgezogenen Außenläufer auf. Motoren mit vielpoligen, groß dimensionierten Läufern zeichnen sich dabei durch langsame Drehzahl und hohe Drehmomente aus, so daß im Einsatz auf sonst erforderliche Untersetzungsgetriebe verzichtet werden kann. Hierdurch werden auch die sonst durch Getriebe bewirkten Verluste und Geräusche vermieden.

Eine weitere überraschende Eigenschaft einer als Motor betriebenen erfindungsgemäßen elektrischen Maschine besteht darin, daß sie in unbeaufschlagtem Zustand ein starkes Haltemoment aufweist, was für viele Anwendungszwecke vorteilhaft ist.

Außerdem lassen sich elektrische Maschinen, die infolge ihrer Bauform eine niedrige Drehzahl und ein hohes Drehmoment aufweisen, in vorteilhafter Weise als Windgeneratoren einsetzen.

Eine besonders bevorzugte Verwendung der erfindungsgemäßen elektrischen Maschine ist in den Ansprüchen 13 und 14 beschrieben.

Die integrierte Anordnung der elektrischen Maschine als Antriebsmotor in einem Fahrzeugrad ermöglicht es, einen derartigen Antriebsmotor sowohl in zweirädrigen als auch in vierrädrigen Fahrzeugen zu verwenden. Besonders zweckmäßig ist es dabei, wenn derartige Fahrzeuge als allradgetriebene Fahrzeuge ausgelegt werden, da dadurch auf Getriebe und bei vierrädrigen Fahrzeugen auch auf sonst erforderliche Differentiale verzichtet werden kann.

Die Erfindung wird im folgenden beispielsweise anhand der Zeichnung näher erläutert; in der Zeichnung zeigt

Fig. 1 eine Draufsicht auf einen Teil einer elektrischen Maschine, die als Motor mit 24-poligem Außenläufer ausgebildet ist,

Fig. 2 einen vergrößerten Ausschnitt aus Fig. 1,

Fig. 3 eine vereinfachte, schematische Darstellung einer als Motor ausgebildeten elektrischen Maschine mit einem Versorgungsschaltkreis,

Fig. 4 ein Impuls-Diagramm des Motors nach Fig. 3,

Fig. 5 einen Schnitt durch einen erfindungsgemäßen Außenläufermotor, der in ein Rad eines Kraftfahrzeugs integriert ist, und

Fig. 6 einen Schnitt durch einen erfindungsgemäßen Innenläufermotor.

In den verschiedenen Figuren der Zeichnung sind einander entsprechende Bauteile mit gleichen Bezugszeichen bezeichnet.

Die in Fig. 1 teilweise dargestellte elektrische Maschine ist als Außenläufermotor mit einem Stator 10 ausgebildet, der einen Stator Kern 11 mit insgesamt 48 Nuten 12 zur Aufnahme von zwei Wicklungsanordnungen 13, 14 aufweist. Zwischen den Nuten 12 sind Polschuhe 15 ausgebildet, deren umfangmäßig angeordneten Polflächen 16 entsprechenden Polflächen 17 an als Arbeitsmagneten 18 dienenden Permanentmagneten gegenüber liegen. Die Arbeitsmagneten sind dabei an einem Träger 19 eines als Reaktionsteil dienenden Außenläufers 20 angeordnet.

Die Polflächen der Arbeitsmagneten 18, von denen 24 am Außenläufer 20 abwechselnd mit entgegengesetzter Polarität angeordnet sind, liegen dabei den Polflächen 17 der Polschuhe 16 durch einen Luftspalt 21 getrennt gegenüber. Die Anordnung der Arbeitsmagneten 18 mit abwechselnd entgegengesetzter Polarität wird durch die Angabe der Nordpole N und der Südpole S der Arbeitsmagneten 18 dargestellt.

Die Arbeitsmagneten 18 sind von ihren benachbarten Arbeitsmagneten 18 jeweils durch einen Spalt 21 ge-

trennt, dessen Breite so gewählt ist, daß jeweils zwei benachbarte Arbeitsmagneten 18 einen Abstand d zueinander aufweisen, der der Breite b der Nuten 12 im Bereich der Polflächen 16 der Polschuhe 15 entspricht.

Die Wicklungsanordnung 13 weist einzelne Wicklungen 22, 23 auf, die jeweils gegenseitig um zwei benachbarte Polschuhe 15 gewickelt sind. Auf diese Weise bilden jeweils zwei benachbarte Polschuhe 15, die von einer Wicklung 22 oder 23 umschlossen sind, mit ihren Polflächen 16 eine gemeinsame Polfläche, die, wie in Fig. 1 und 2 dargestellt, mit den Polflächen 17 der Arbeitsmagneten 18 exakt flächendeckend ausgerichtet werden kann.

Die zweite Wicklungsanordnung 14 weist entsprechende Wicklungen 24, 25 auf, die jeweils so angeordnet sind, daß sie zwei benachbarte Wicklungen 22, 23 der ersten Wicklungsanordnung 13 zur Hälfte übergreifen. Wie in Fig. 2 dargestellt, umgreift also die Wicklung 22 der ersten Wicklungsanordnung 13, die in durchgezogenen Linien dargestellt ist, die Polschuhe 15' und 15'', während die gegenseitig gewickelte Wicklung 23 die Polschuhe 15''' und 15'''' umgreift. Die zweite Wicklungsanordnung 14, die gestrichelt dargestellt ist, umgreift mit ihrer Wicklung 24 die Polschuhe 15'' und 16'''.

Durch Beaufschlagung der Wicklung 13 bildet sich auf den gleichbenannten Polschuhen 15', 15'' der Nordpol aus und auf den gleichbenannten Polschuhen 16', 16'' der Südpol.

Durch Beaufschlagung der Wicklung 14 bildet sich der magnetische Pol zwischen den gleichbenannten Polen aus, d. h. auf den Polschuhen 15', 16'' der Südpol und auf den Polschuhen 16', 15'' der Nordpol, und somit findet eine Wanderung des magnetischen Pols um einen Polschuh oder um einen halben Pol statt.

Durch Umpolen der Polarität an der Wicklung 13 (wie auch später an der Wicklung 14) kehrt sich die magnetische Polbildung um, und somit bildet sich auch das wandernde magnetische Feld zu einem wandernden Drehfeld aus, dem der Rotor dann folgt.

Wie in Fig. 1 dargestellt ist, beträgt der Abstand zwischen den radialen Mittelachsen zweier benachbarter Nuten 15 im Kreiswinkel  $7,5^\circ$ , während der Abstand der radialen Wickelachsen der Arbeitsmagneten 18 am Außenläufer 20  $15^\circ$  im Kreiswinkel beträgt. Damit beträgt also der Abstand im Kreiswinkel zwischen den radialen Mittelachsen zweier gleichpolig angeordneter Arbeitsmagnete  $30^\circ$ , was somit einem Phasenwinkel von  $360^\circ$  entspricht.

Die einander zugeordneten Wicklungen 22, 24 und 23, 25 der ersten bzw. der zweiten Wicklungsanordnung 13 bzw. 14 weisen also einen Abstand auf, der einem Phasenwinkel von  $90^\circ$  entspricht.

Dem Außenläufer 20 ist ein Steuermagnetring 26 zugeordnet, der gemeinsam mit dem Außenläufer 20 dreht. Der Steuermagnetring 26 weist die gleiche Anzahl von Permanentmagneten auf, die als Steuermagneten 27 dienen und polidentisch zu den Arbeitsmagneten 18 am Außenläufer angeordnet sind. Mit den Steuermagneten wirken Impulsgeber 28, 29 zusammen, die zweckmäßigerweise als Hallsensoren ausgebildet sind und einen Kreiswinkelabstand von  $7,5^\circ$  zueinander aufweisen, was einem Phasenwinkel von  $90^\circ$  entspricht. Von den Impulsgebern 28, 29, ist der erste 28 der ersten Wicklungsanordnung 13 und der zweite 29 der zweiten Wicklungsanordnung 14 zugeordnet.

Über Anschlußklemmen 13', 13'' bzw. 14', 14'' sind die Wicklungsanordnungen an einen Versorgungsschaltkreis 30 angeschlossen, der anhand der Fig. 3 näher er-

läutert wird.

Als elektrische Maschine ist in Fig. 3 ein Innenläufermotor stark vereinfacht dargestellt, der einen zweipoligen Rotor aufweist. Die Wicklungsanordnungen 13, 14, die ebenfalls stark vereinfacht dargestellt sind, sind dabei feststehend an einem Stator angeordnet zu denken. Die Impulsgeber 28, 29 sind entsprechend der erforderlichen Phasenverschiebung von  $90^\circ$  im rechten Winkel zu den Wicklungsanordnungen 13, 14 angeordnet dargestellt.

Der Versorgungsschaltkreis 30 weist eine erste und eine zweite Wechselrichterschaltung 33 bzw. 34 auf, die identisch aufgebaut sind. Jede Wechselrichterschaltung besitzt vier steuerbare Schaltelemente 35, 36, 37, 38, von denen jeweils zwei 35, 37 bzw. 36, 38 miteinander in Reihe zwischen den positiven Pol 39 einer Gleichspannungsquelle und Masse geschaltet sind. Als Schaltelemente 35, 36, 37, 38 können dabei z. B. Leistungstristoren oder andere geeignete als steuerbare Schalter dienende elektronische Bauelemente verwendet werden. Die Steuereingänge 35', 36', 37', 38' der Schaltelemente 35, 36, 37, 38 werden von einer Steuerelektronik 32 beaufschlagt, der die Ausgangssignale der Impulsgeber 28, 29 zugeführt sind.

Um die Wicklungsanordnungen 13, 14 mit einem zweiphasigen,  $90^\circ$ -phasenverschobenen Drehstrom zu beaufschlagen, werden die Ausgangssignale A 1 des der ersten Wicklungsanordnung 13 zugeordneten Impulsgebers 28 an ein nicht invertierendes und an ein invertierendes Schaltglied 40 bzw. 41 angelegt. Das Ausgangssignal A 2 des nicht invertierenden Schaltgliedes 40 wird an den Steuereingang 35' des Schaltelements 35 und an den Steuereingang 38' des Schaltelements 38 angelegt, während das Ausgangssignal A 3 des invertierenden Schaltgliedes 41 an den Steuereingang 36' des Schaltelements 36 und an den Steuereingang 37' des Schaltelements 37 geführt ist. Jeweils zwei in Reihe miteinander liegende Schaltelemente werden also von gegenphasigen Steuersignalen angesteuert.

Das Ausgangssignal B 1 des anderen Impulsgebers 29 wird in entsprechender Weise über ein nicht invertierendes Schaltglied 42 und ein invertierendes Schaltglied 41 an die Steuereingänge 35', 36', 37', 38' der Schaltelemente 35, 36, 37, 38 der zweiten Wechselrichterschaltung 34 angelegt.

Das Ausgangssignal A 1 des Impulsgebers 28, das die zur Erzeugung einer Rechteck-Wechselspannung erforderlichen Impulse liefert, ist in Fig. 4 dargestellt. Solange der Impulsgeber 28 dem Südpol S des Rotors 31 gegenüber liegt, ist das Ausgangssignal A 1 = 0 und geht auf 1, wenn nach einer  $180^\circ$ -Drehung des Rotors 31 dessen Nordpol N dem Impulsgeber 28 gegenüber liegt. Das Ausgangssignal B 1 des Impulsgebers 29 wird in entsprechender Weise erzeugt, wobei der Impulsgeber 29 ein Ausgangssignal 0 liefert, wenn er vom Nordpol N des Rotors 31 beaufschlagt wird, während er ein Ausgangssignal 1 liefert, wenn er dessen Südpol S gegenüber liegt.

Solange das Ausgangssignal A 1 1 ist, werden die Steuereingänge 35' und 38' der Schaltelemente 35, 38 mit einem entsprechenden 1-Signal beaufschlagt, so daß die Schaltelemente 35 und 38 leitend sind. Gleichzeitig werden die anderen Schaltelemente 36, 37 mit einem 0-Signal beaufschlagt und damit gesperrt. Es ergibt sich damit ein Stromfluß durch den Wechselrichter 33 und die an diesen angeschlossene erste Wicklungsanordnung 13, der durch die Pfeile a angedeutet ist.

Ist zu diesem Zeitpunkt das Ausgangssignal B 1 des

anderen Impulsgebers 29 0, so werden die Schaltelemente 35, 38 des anderen Wechselrichters 34 mit einem 0-Signal beaufschlagt und damit gesperrt. Über das invertierende Schaltglied 43 wird ein 1-Signal an die Steuereingänge 36', 37' der Schaltelemente 36, 37 angelegt, die damit leitend werden. Der sich dann ergebende Stromfluß durch den Wechselrichter 34 und die mit diesem verbundene zweite Wicklungsanordnung 14 ist durch Pfeile b angedeutet.

Es zeigt sich also, daß jeweils dann, wenn das Signal A 1 oder B 1 den Wert 0 bzw. 1 annimmt, in den zugeordneten Wicklungsanordnungen 13 bzw. 14 eine Stromumkehr auftritt, wie auch die Strom- bzw. Spannungsverläufe A 4, B 4 in Fig. 4 zeigen. Die an den Wicklungsanordnungen 13 bzw. 14 anliegenden Spannungen und damit auch die durch sie fließenden Ströme weisen somit eine  $90^\circ$ -Phasenverschiebung auf. Auf diese Weise wird ein den Läufer antreibendes magnetisches Drehfeld erzeugt.

Besonders vorteilhaft ist es dabei, wenn der Versorgungsschaltkreis 30 auf Feldeffektbasis aufgebaut ist und nur mit Spannungen angesteuert, also leistungslos betrieben wird. Die als Leistungsschalter dienenden Schaltelemente 35, 36, 37, 38 sind dabei zweckmäßigerweise als Leistungstristoren (power mosfet) ausgelegt, die nur eine Steuerspannung und keinen Steuerstrom erfordern, so daß sich die Verluste für die Steuerung im Milliwatt-Bereich halten.

Aufgrund der speziellen Ausbildung der Polflächen 16, 17 am Stator 10 bzw. am als Reaktionsteil dienenden Läufer 20 läßt sich die erfindungsgemäße elektrische Maschine mit einer Rechteckspannung als Motor betreiben, wodurch erhebliche Einsparungen im Bereich der vorzugsweise elektronischen Schaltung und bei der Motorkonstruktion erreichen lassen, ohne daß der Rundlauf und der Wirkungsgrad des Motors beeinträchtigt werden. Die elektrische Maschine läßt sich auch als Generator betreiben und liefert dann eine Rechteck-Wechselspannung an die Wechselrichterschaltungen 33, 34, die dann in Gegenrichtung beaufschlagt werden und als Gleichrichter arbeiten, so daß an den Anschlüssen, an denen im Motorbetrieb eine Gleichspannung eingespeist wird, im Generatorbetrieb eine Gleichspannung entnommen werden kann. Falls gewünscht und/oder erforderlich, kann auch an den Anschlußklemmen 13', 13'' bzw. 14', 14'' der Wicklungsanordnungen 13, 14 eine Rechteck-Wechselspannung entnommen werden.

Fig. 5 zeigt ein besonders bevorzugtes Anwendungsbeispiel für den Außenläufermotor nach Fig. 1, bei dem dieser als radintegrierter Antrieb für einen Motorroller eingesetzt wird.

Wie Fig. 5 zeigt, ist im radialen Innenbereich einer Radfelge 50 ein Außenläufermotor nach Fig. 1 angeordnet, dessen Außenläufer 20 einen sich axial erstreckenden ringförmigen Kragen 51 aufweist, der an einem sich radial nach innen erstreckenden Ringsteg 52 der Felge befestigt, z. B. angeschweißt ist. Die Felge 50 ist in bekannter Weise mit ihrem Ringsteg 52 an einer Radnabe 53 befestigt, z. B. angeschraubt. Die Radnabe ist in bekannter Weise auf einer Radachse 54 drehbar gelagert. Das Rad ist dann mit der Achse 54 in bekannter Weise an den Armen 55 einer Radgabel gehalten.

Zur fahrzeugfesten Anordnung des Stators 10 ist ein Halter 56 vorgesehen, der eine auf die Achse 54 aufgesetzte Haltehülse 57 mit einem Radialflansch 58, eine an diesem befestigte Trägerscheibe 59 sowie einen radial außen an der Trägerscheibe 59 befestigten, sich axial

erstreckenden Tragring 60 umfaßt, auf den der Stator 10 aufgesetzt ist. Zur Versteifung des Halters 56 können Rippen 61 vorgesehen sein, die die Trägerscheibe 59 zusätzlich an der Haltehülse 57 abstützen.

Der Steuermagnetring 26, der zusammen mit dem als Reaktionsteil dienenden Außenläufer dreht, ist an der Nabe 53 in geeigneter Weise befestigt. Dem Steuermagnetring 27 ist ein Haltering 62 axial gegenüberliegend angeordnet, an dem die Impulsgeber 28, 29, von denen nur einer gezeigt ist, den Steuermagneten 27 gegenüberliegend befestigt.

Der Haltering 62 ist so an der Trägerscheibe 59 angebracht, daß er in Umfangsrichtung zumindest über einen für eine Justierung der Impulsgeber 28, 29 relativ zu den Polflächen des Stators erforderlichen Bereich verstellbar ist.

Da der beschriebene Außenläufermotor sich infolge seiner großen Dimensionierung durch langsame Drehzahl und hohe Drehmomente auszeichnet, kann er in der gezeigten Weise unmittelbar in ein Antriebsrad eines Motorrollers integriert werden. Der Verzicht auf ein Getriebe hat dabei den Vorteil, daß hierdurch Leistungsverluste beim Antrieb und durch Getriebe erzeugte Geräusche vermieden werden.

Beim Fahrbetrieb ist die Motordrehzahl und damit die Fahrgeschwindigkeit zu der angelegten Spannung proportional. Wird nun beim Fahrbetrieb die Spannung reduziert, so sinkt auch die spannungsabhängige Nenn-drehzahl, wodurch die tatsächliche Motordrehzahl, die von der Fahrgeschwindigkeit abhängig ist, diese Nenn-drehzahl übersteigt. Da der Motor auch als Generator betrieben werden kann, kommt es hierbei zu einer Rückspeisung von Energie zur die Antriebsspannung liefernden Fahrzeug-Batterie, wobei gleichzeitig eine Bremswirkung auftritt. Um die Bremswirkung dabei um ein Vielfaches zu steigern und gleichzeitig ein Abbremsen nahezu auf den Stillstand des Fahrzeugs zu ermöglichen, können die Stator-Wicklungen in nicht näher dargestellter Weise kurzgeschlossen werden.

Neben der Verwendung des beschriebenen Elektromotors bei einem Motorroller kann dieser auch in einem vierrädrigen Elektrofahrzeug mit Allradantrieb eingesetzt werden, wodurch erhebliche Gewichtseinsparungen möglich sind, da auf Getriebe und Differential verzichtet werden kann.

Fig. 6 zeigt eine andere Ausgestaltung der erfindungsgemäßen elektrischen Maschine als Innenläufermotor oder -generator, bei dem der ringförmige Träger 19, an dem die Arbeitsmagneten 18 außenliegend angeordnet sind, mittels Trägerscheiben 72 drehfest auf einer Welle 71 befestigt ist. Der Stator 10 ist an einem den Motor oder Generator umschließenden Gehäuse 73 angebracht, das auf der Welle 71 drehbar gelagert ist. An einer Radialwand 74 des Gehäuses 73 ist ein Tragring 75 vorgesehen, an dem die Impulsgeber 28, 29, von denen nur einer gezeigt ist, mittels eines Bügels 76 in festem Winkelabstand zueinander gehalten sind. Der Tragring 75 ist in Umfangsrichtung winkelmäßig verstellbar an der Radialwand 74 des Gehäuses 73 beispielsweise mittels einer Schraube 77 gehalten, um eine Justierung der Impulsgeber bezüglich der Polflächen am Stator 10 zu ermöglichen.

#### Patentansprüche

1. Elektrische Maschine mit einem Stator, der einen durch Nuten getrennte Polflächen aufweisenden Stator Kern und zwei an diesem angeordnete Wick-

lungsanordnungen mit jeweils zumindest zwei Wicklungen umfaßt, und mit einem zumindest zwei Permanentmagnete zur Bildung von Polflächen mit abwechselnder Polarität umfassenden Reaktionsteil, dessen Polflächen den Polflächen des Stators durch einen Luftspalt getrennt gegenüberliegend angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, daß die Polflächen (16, 17) des Stators (10) und des Reaktionsteils (20) flächendeckend einander gegenüberliegend ausrichtbar sind.

2. Elektrische Maschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Polflächen (17) des Reaktionsteils (20) in Richtung einer Relativbewegung zwischen Stator (10) und Reaktionsteil (20) einen Abstand (d) zueinander aufweisen, der der Breite (d) der Nuten im Bereich der Polflächen (16) des Stators (10) entspricht.

3. Elektrische Maschine nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Polflächen (16) des Stators (10) an Polschuhen (15) vorgesehen sind, die mittels der Nuten (12) am Stator Kern (11) ausgebildet sind, und daß jede Wicklung (22, 23) der beiden Wicklungsanordnungen (13, 14) jeweils zwei Polschuhe (15) umgreift, so daß die Polflächen (16) von zwei von einer Wicklung (22, 23, 24, 25) umgriffenen Polschuhe (15) jeweils eine gemeinsame Polfläche bilden, die gegenüber jeder Polfläche (17) am Reaktionsteil (20) flächendeckend ausrichtbar ist.

4. Elektrische Maschine nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils zwei benachbarte Wicklungen (22, 23; 24, 25) jeder der beiden Wicklungsanordnungen (13; 14) einen entgegengesetzten Wicklungssinn aufweisen und daß jeweils eine Wicklung (24) der einen Wicklungsanordnung (14) zwei benachbarte Wicklungen (22, 23) der anderen Wicklungsanordnung (13) jeweils zur Hälfte übergreift.

5. Elektrische Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Wicklungsanordnungen (13, 14) über einen Versorgungsschaltkreis (30) mit einer Rechteckspannung (A 4, B 4) beaufschlagbar sind, wobei die beiden Rechteckspannungen (A 4, B 4) um 90° gegeneinander phasenverschoben sind.

6. Elektrische Maschine nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Versorgungsschaltkreis (30) an eine Gleichspannungsquelle angeschlossen ist und zwei impulsgesteuerte Wechselrichter (33, 34) aufweist, deren Ausgänge jeweils an eine Wicklungsanordnung (13, 14) angeschlossen sind und die jeweils von einem die Relativbewegung zwischen Stator (10) und Reaktionsteil (20) erfassenden Impulsgebern (28, 29) gesteuert sind.

7. Elektrische Maschine nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Impulsgeber (28, 29) in Richtung der Relativbewegung zwischen Stator (10) und Reaktionsteil (20) einen Abstand zueinander aufweisen, der dem halben Abstand der einander entsprechenden Kanten zweier benachbarter Polflächen (17) am Reaktionsteil (20) entspricht.

8. Elektrische Maschine nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Impulsgeber (28, 29) relativ zum Stator (10) feststehend in Richtung der Relativbewegung zwischen Stator (10) und Reaktionsteil (20), jedoch gemeinsam verstellbar angeordnet sind.

9. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Impulsge-

ber (28, 29) jeweils bezüglich der zugeordneten Wicklungsanordnung (13, 14) so angeordnet sind, daß ihre Lage im Hinblick auf die Bewegungsrichtung dem Bereich entspricht, in dem zwei benachbarte Spulen (22, 23; 24, 25) der zugeordneten Wicklungsanordnung (13; 14) aneinander grenzen. 5

10. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß als Impulsgeber (28, 29) Hallsensoren vorgesehen sind, die mit am Reaktionsteil (20) angeordneten Permanentmagneten (18, 27) zusammenwirken. 10

11. Elektrische Maschine nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß am Reaktionsteil (20) Steuermagnete (27) vorgesehen sind, die bezüglich Polarität und Lage entsprechend den die Polflächen (17) bildenden Permanentmagneten (18) angeordnet sind. 15

12. Elektrische Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Wicklungsanordnungen (13, 14) jeweils kurzschließbar sind. 20

13. Verwendung einer elektrischen Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche als Antriebsmotor für ein Kraftfahrzeug, wobei der Stator (10) und das als Läufer (20) dienende Reaktionsteil an einem anzutreibenden Fahrzeugrad integriert angeordnet sind. 25

14. Verwendung nach Anspruch 13, wobei das Reaktionsteil als ringförmiger Außenläufer (20) mit vorzugsweise vierundzwanzig Polflächen (17) am Rad, insbesondere an der Radfelge (50) befestigt ist, und wobei der Stator (10) fahrzeugfest angeordnet ist. 30

---

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

---

35

40

45

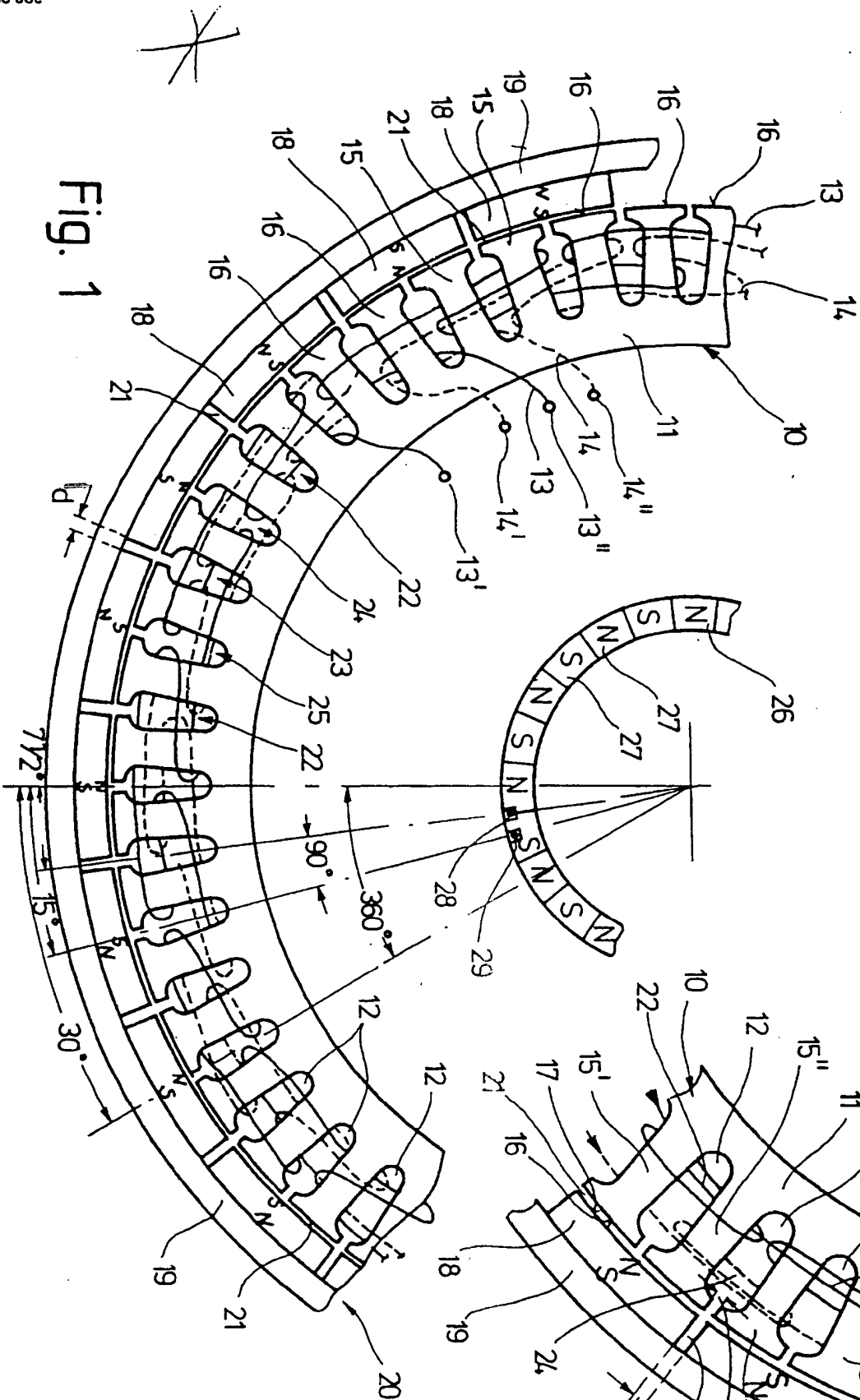
50

55

60

65

- Leerseite -





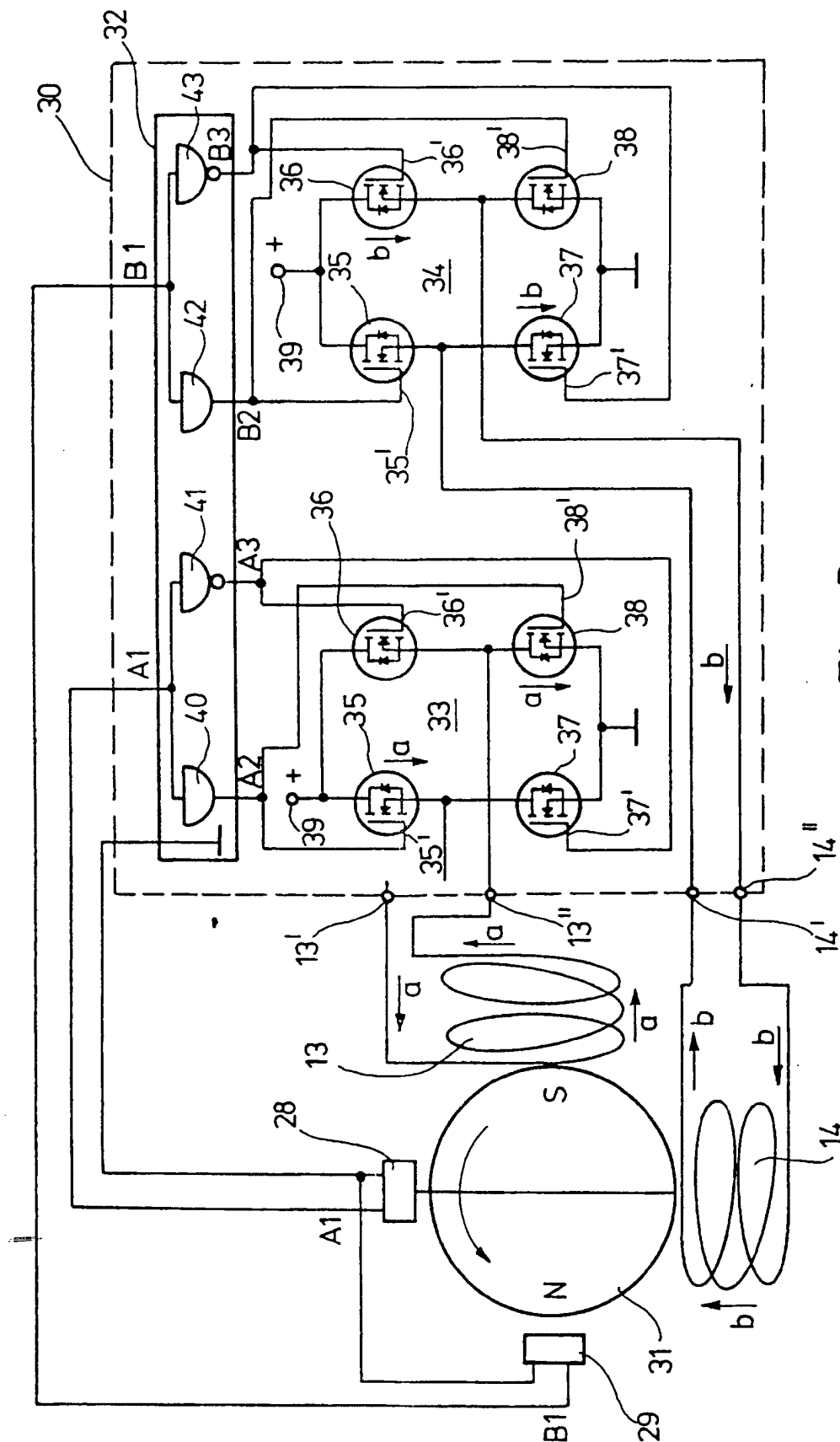


Fig. 3

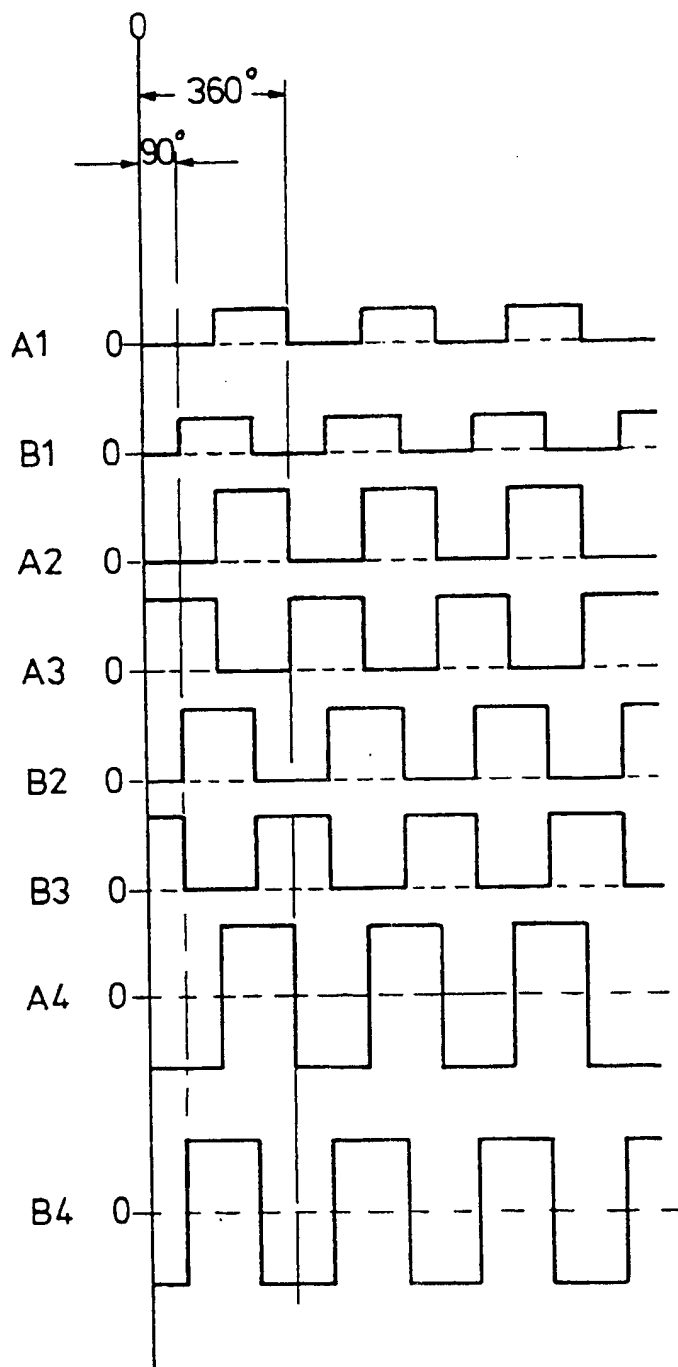


Fig. 4

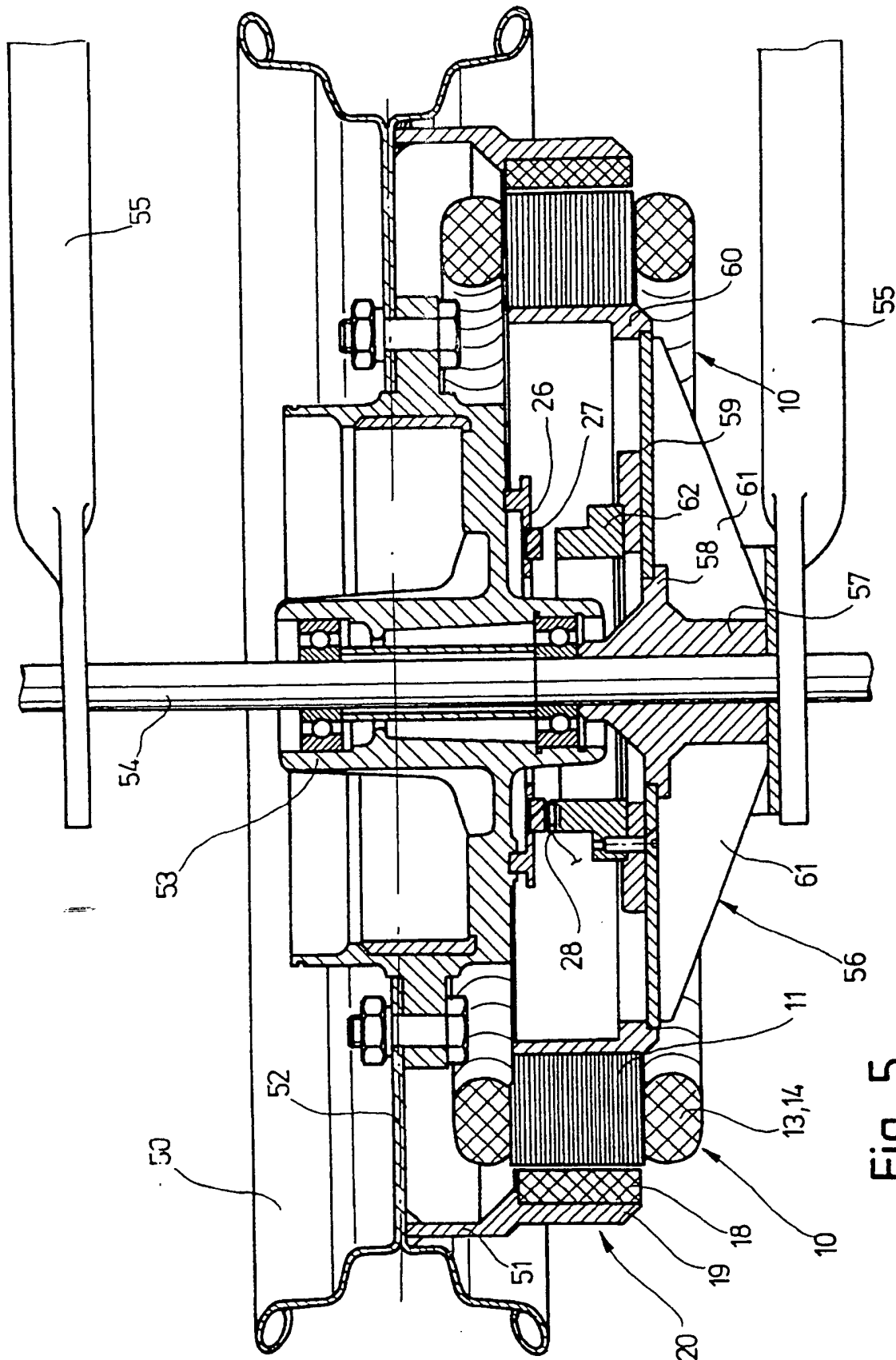


Fig. 5

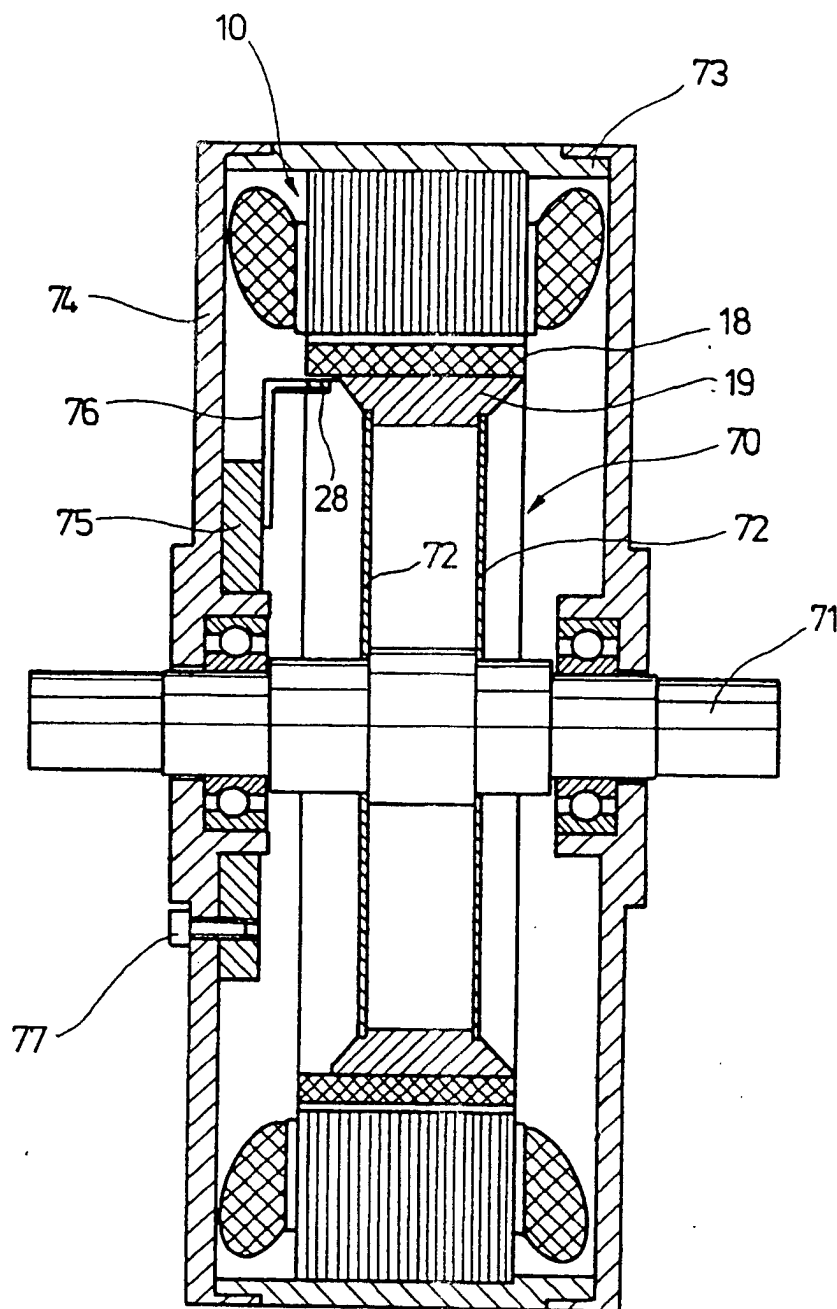


Fig. 6